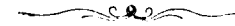


Ueber die
Flimmerbewegung.



Inaugural-Dissertation,

welche

mit Bewilligung

einer Hochverordneten physico - mathematischen
Facultät der Kaiserl. Universität zu Dorpat

zur Erlangung der Würde eines

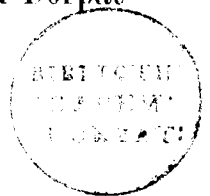
Magisters der Zoologie

öffentlich vertheidigen wird

Baron Alexander Stuart,

Dr. phil.

aus Odessa.



Hierzu eine Tafel.

DORPAT 1867.

Druck von Heinrich Laakmann.

Der Druck dieser Abhandlung wird von Seiten der physiko-mathematischen Facultät genehmigt.

Dorpat, den 19. October 1867.

Nr. 47.
(L. S.)

Prof. Helmling,
d. Z. Decan der physiko-mathem. Facultät.

D 35265

Die Entdeckung des Mikroskopes war zugleich die Entdeckung einer ganzen Welt bis dahin unsichtbaren organischen Wesen, gleichzeitig aber ermöglichte sie die Untersuchung der Structur- und Lebensverhältnisse der Elementarorganismen.

Begreiflicherweise übte die Ausbreitung der mikroskopischen Forschung den grössten Einfluss auf die Erkenntniss der Vorgänge, dessen Hauptäusserungen gerade in die Sphäre der Sehempfindungen fallen — der Bewegungserscheinungen.

In der That sehen wir, dass seit jener Zeit, ein vollständiger Umschwung in diesem Gebiete des Wissens eingetreten ist. Bis dahin waren eigentlich nur die zusammengesetzten Muskelbewegungen bekannt; sie wurden als Summirungen der Bewegungsthätigkeit einfacherer Bestandtheile, der Primitivfasern, erkannt und deren Natur und äussere Erscheinung näher beleuchtet.

Das durch die Anwendung des Mikroskopes vergrösserte Perceptionsvermögen für kleine Objecte ermöglichte zugleich die Entdeckung einer ganzen Reihe von bis dahin unbekannt gebliebener Bewegungserscheinungen.

Einerseits waren es die Bewegungen selbständiger kleiner Organismen, deren Erkenntniss mit der Erforschung

der Lebensweise der Infusionsthierchen eng verknüpft war; andererseits aber schenkte man den Bewegungen der Säfte auf der äusseren Oberfläche der Schleimhäute und gewisser inneren Hohlräume mehr Aufmerksamkeit, was zur Entdeckung und Constatirung der weiten Verbreitung der sogenannten Wimper- oder Flimmerbewegung führte.

Als Entdecker der Flimmerbewegung gilt de Heide (1683), welcher die Rotation der Embryonen der Miessmuschel zuerst bemerkte.

Aehnliche Beobachtungen an Embryonen der Schnecken und anderer Mollusken wurden noch von Leeuwenhoek und Swammerdam gemacht. Die grösste Fülle der bestätigenden und erweiternden Angaben fällt in die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts, zu welcher Zeit wir in den Schriften der meisten damals berühmt gewordenen Biologen wie Spallanzani, Redi, Cavolini, O. F. Müller, Ledermüller, Ellis u. A. Angaben über die Rotation der Embryonen der Polypen, Mollusken, sowie der Infusionsthierchen finden. Durch Steinbuch wurde die Flimmerung an den Armen der Polypen genauer untersucht, sowie das Vorhandensein derselben an der Körperoberfläche und den Kiemen der Froschlarven entdeckt.

Eine zusammenhängende Reihe von Untersuchungen über die Verbreitung der Flimmerbewegung bei den verschiedenen Thieren wurde von Sharpey¹⁾ unternommen, welcher dieselbe auch bei den Wirbelthieren vorfand. Vereinzelte Befunde bei den verschiedensten Thieren finden sich bei sehr vielen Autoren angegeben.

1) Edinb. new philosophical Journal. 1835.

Doch begnügten sich dieselben mit der ersten Feststellung der Thatsache des Rotirens selbst; in den späteren Angaben findet sich das Vorhandensein der die Bewegung erzeugenden Haare schon mehr berücksichtigt, obgleich wir sogar in den Arbeiten aus dem Anfange dieses Jahrhunderts sehr oft noch die durch die rasche, gleichmässige Bewegung der Flimmerhaare erzeugten hellen Säume, als zusammenhängende, membranartige Gebilde beschrieben finden.

Die erste monographische Bearbeitung des Gegenstandes, welche nicht nur über das Vorkommen und die Formen der Flimmerbewegung, sondern auch über deren physiologische Verhältnisse genaue Rechenschaft zu geben suchte, war die von dem berühmten Begründer der physiologischen Institute: Jan Purkyně in Prag in Gemeinschaft mit seinem Schüler Georg Valentin aus Breslau unternommene Arbeit, welche im Jahre 1835 unter dem Titel: „De phaenomeno generali et fundamentali motus vibratorii continuis in membranis. Commentatio physiologica. Vratislaviae. 4^o. 1835. Sieben Jahre später hat Valentin den Artikel Flimmerbewegung in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie bearbeitet, welcher das Wesentliche der ersten Schrift nebst verschiedenen Zusätzen enthält.

Das Vorkommen der Flimmerbewegung wurde von Purkyně und Valentin im Darmtractus und anderen inneren Höhlen und der Körperoberfläche, nicht nur bei den wirbellosen Thieren und den Batrachiern, sondern auch bei den Amphibien, Fischen, Vögeln und Säugethieren in den verschiedensten Körpergegenden, namentlich aber im Epen-

dyna des Centralnervensystems und den Plexus choroidei des Menschen, constatirt. Die Gestalt und Vertheilung der Flimmerhaare als bedingende Ursache der Flimmerbewegung wurden genau untersucht. Auf das Bestimmteste wurde die Möglichkeit des Fortbestehens der Flimmerbewegung in Membranen, welche jedem direkten Einfluss der Blutcirculation und der Nervenirregung entzogen waren, constatirt. Sie sahen die Bewegung in Membranen fort dauern, welche schon 24 — 36 Stunden aus dem Zusammenhange mit dem übrigen Organismus losgelöst waren, in der Speiseröhre sogar 15 Tage nach dem Tode, während die Muskelirritabilität in demselben schon längst erloschen war. Sie hatten ferner bewiesen, dass die Möglichkeit des weiteren Fortbestehens der Flimmerbewegung unmittelbar von der Unversehrtheit der Zelle selbst abhängt, indem dieselbe in den losgelösten, aber intact gebliebenen Zellen noch lange fortbestehen konnte. Was die Gestalt der Zellen selbst anbetrifft, so sahen sie, dass auf Epithelzellen der verschiedensten Gattungen, vornehmlich aber Cylinderzellen, Härchen von einer Länge von 0,000075 — 0,000908 P. Z. in 3 — 30-facher Anzahl sassen; der Inhalt der Zellen selbst war körnig und enthielt einen Kern.

Die Bewegung sämmtlicher Haare erschien meistens continuirlich, dennoch zeitlichen Schwankungen unterworfen; die Richtung, in welcher die Bewegung fortschritt, war eine beständige und gewöhnlich auch zweckmässige, manchmal trat eine zeitweilige vollständige Umkehr der Bewegung ein.

Den verschiedenen Formen der Flimmerbewegungen

entsprechend, haben unsere Autoren folgende Arten derselben unterschieden:

1) Die hakenförmige Bewegung (*motus uncinatus*) — Kiemen von *Anodonta*.

2) Die trichterförmige Bewegung (*motus infundibuliformis*) — bei den platten Haaren der Wirbelthiere und Mollusken.

3) Die schwankende Bewegung (*motus vacillans*) — bei läpchenartigen Wimpern.

4) Die wellenförmige Bewegung (*motus undulans*) — bei Wirbelthieren, aber ausnahmsweise. —

Den Einfluss der Temperatur anlangend fanden dieselben, dass Flimmerhäute der Säugethiere und Vögel ohne Störung des Phänomens momentan in Wasser von 81° C. getaucht werden konnten, während eine weitere Einwirkung zerstörend wirkte. Kiemenstücke von *Unio* konnten ohne Nachtheil $\frac{1}{2}$ — 2 Minuten in Wasser von 44 — 41° C. gehalten werden. Starke elektrische Ströme erwiesen sich als wirkungslos auf die Bewegung. *Galvanismi effectus*, sagten sie, *non alius, quam chemicus esse videtur*. An den Applicationsstellen der Elektroden der von ihnen angewandten Volta'schen Säule von 30 Elementen, wurde nur eine auf einer electrolytischen Zerstörung beruhende Sistirung der Flimmerung wahrgenommen. Was chemische Einwirkungen anbetrifft, so erwiesen sich *Narcotica* und *Alkaloide* als wirkungslos. *Metallsäuren* und *Salze* waren schädlich in 1000 — 10,000-fachen Auflösungen, organische Säuren, Zink, Zucker in 100-facher, Alkohol, Alaun, Cyankalium, Salmiak in 10-facher. Von thierischen

Säften zeigte sich am geeignetsten zur Erhaltung des Phänomens das Blut desselben Thieres.

Sie schrieben der Flimmerbewegung einen mechanischen Nutzen zu, indem durch die coordinirte Bewegung der Härchen eine zur Fortschaffung von Schleimpartikelchen und sonstiger fester Theile dienende Strömung entstand, deren Richtung in der Regel eine zweckentsprechende war; so ging dieselbe in den Endtheilen des Fusses und in dem Darne der Muscheln von vorn nach hinten, in den Seitentheilen der Kiemen derselben von aussen nach innen, in den Kiemen der Froschlarven von innen nach aussen, in den Athmungsorganen der Henne von aussen nach innen und umgekehrt in dem Eileiter desselben Thieres. Sharpey welcher sich viel mit dem Gegenstande beschäftigte, fand sie an den unteren Muschelbeinen des Kaninchens nach vorn, in der Luftröhre eines jungen Hundes nach oben, an den Kiemen der Froschlarven von aussen nach innen u. dgl. Diese Untersuchungen von Purkyně und Valentin blieben bis zur allerneuesten Zeit als Hauptfundgrube für unsere Kenntnisse auf diesem Gebiete. Die Ausbreitung der Flimmerbewegung wurde als eine noch allgemeinere, besonders bei niederen Thieren, erkannt; durch Bischoff wurde die Flimmerung der Oberfläche des Eies bei vielen Säugethieren nachgewiesen. Die Analogieen mit den Geisselfäden mit wellenförmiger Bewegung wurden durch Perty¹⁾, Claparède und Lachmann²⁾, Stein³⁾ u. A. hervorgehoben.

1) Die Bewegungen der schwingenden mikroskopischen Organe. Bern 1848.

2) Etudes sur les infusoires et Rhizopodes. Genève 1858—1861.

3) Der Organismus der Infusionsthiere. Leipzig 1859.

Durch die von Unger und Thuret entdeckte Beweglichkeit der pflanzlichen Spermatozoiden, welche durch ähnliche Wimpern erzeugt wird, wurde die Flimmerbewegung auch im Pflanzenreiche nachgewiesen. Naegeli wollte zwar den pflanzlichen Wimpern keine Contractilität zuerkennen, indessen durch die letzten umfassenden Untersuchungen von Schacht¹⁾ kann diese Ansicht als widerlegt betrachtet werden.

Es wurden auch die Beziehungen der Flimmerhaare zu der Zellmembran in Betracht gezogen; während Leydig²⁾ nach Beobachtungen an den Zellen des Siphon von *Lithodomus lithophagus* sie zu den Cuticularbildungen rechnen zu müssen glaubte, betrachtete Kölliker³⁾ dieselben als Auswüchse der Zellmembran.

Im Gehörorgane verschiedener Thiere wurden abgeleitete Formen von Flimmerhaaren in der Gestalt von langen, steifen beweglichen Borsten nachgewiesen, so von Ecker⁴⁾ bei den Cyclostomen, Gegenbaur⁵⁾ bei Pteropoden und Heteropoden, weiter bei Fischen, beim Menschen u. s. w.

Wichtiger erscheint die durch Virchow gemachte Entdeckung der beschleunigenden Einwirkung der Alkalien auf die Flimmerbewegung. Er machte übrigens nicht den Versuch eine Erklärung dieser Thatsache zu geben.

1) Die Spermatozoiden im Pflanzenreiche. 1864.

2) Müller's Archiv. 1854. p. 302.

3) Mikroskopische Anatomie. II. p. 300.

4) Freiburger Berichte. 1854. p. 29.

5) Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. 1855.

In der neuesten Zeit sind von mehreren Seiten Untersuchungen publicirt worden, welche mehr oder weniger den Zweck verfolgen, die Analogien anatomischer und physiologischer Art festzustellen, die zwischen den Organen der Flimmerbewegung den Flimmerzellen einerseits und den Muskeln und den contractilen Geweben andererseits bestehen. Bereits früher ¹⁾ hatte ich mich, auf Beobachtungen an Molluskenlarven gestützt, für die Muskelnatur jener Flimmerhaare ausgesprochen.

Aber die Zellen der von mir damals untersuchten Larven von *Aplysia* und *Actaeon* boten, durch die starke Lichtbrechung und Pigmentirung des Inhalts, keine günstigen Objecte dar, um die wichtige Frage entscheiden zu können, in welchem Verhältnisse zu dem Inhalte der Zelle die Fibrillen des Flimmerhaares stehen.

Während eines Aufenthaltes in Neapel im September 1865 untersuchte ich darauf vorzugsweise die Larven einiger kleinen Eolidinen, wie *Flabellina*, *Montagua*, *Eolis* u. a., welche, wegen ihrer Kleinheit, in leichter Weise längere Zeit in Gläsern aufbewahrt werden können, in welchen sie dann in reichlicher Menge Eierhäufchen ablegen. Dadurch wird natürlich die Möglichkeit gegeben, Larven in den verschiedensten Stadien der Ausbildung jederzeit untersuchen zu können.

Letzterer Umstand erweist sich in der Beziehung günstig, als nur sehr junge Larven sich am besten zur Untersuchung des Inhalts der Flimmerzellen eignen; in ihrer weiteren Ausbildung verdunkeln sich die Zellen sehr durch

eingelagerte Pigment- und Fettkörner. Da andererseits, bei der Locomotion der Larve, den Flimmerhaaren ein grosser Antheil zukommt, so stimmt auch der Höhepunkt ihrer Entwicklung mit der Zeit, wo nach dem Ausschlüpfen aus dem Eie die Larve zu der Ausübung freier Schwimmbewegungen im Wasser stärkerer Locomotionsorgane bedarf, als es der Fall war während des Eilebens, wo dieselbe nur schwache Rotationsbewegungen ausführte. In Folge dessen kann die von mir angegebene Fibrillenstruktur der Flimmerhaare mit hinreichender Bestimmtheit in der Regel nur bei den Larven, welche das Ei bereits verlassen haben, wahrgenommen werden.

Die Flimmerzellen des Velum dieser Eolidinen bilden einen einschichtigen Saum grosser, cylindrischer Epithelzellen, deren Länge im Mittel 0,005 Mm. beträgt und deren Breitendurchmesser zwischen 0,003 und 0,0045 Mm. schwankt. Die an der Basis des Velum gelegenen Zellen sind gewöhnlich kleiner als die den freien Rand desselben auskleidenden. Der stark lichtbrechende Kern liegt im untersten Drittheile der Zelle und nimmt den grössten Theil des bei der gleichmässigen Verdünnung der Zelle hier schon bedeutend verminderten Innenraums derselben ein. In manchen Zellen ist die Zahl der Kerne grösser, ich fand deren bis drei, welche dann kleiner als die der einkernigen waren, und, in gleichen Zwischenräumen übereinander gelagert, in der Längsaxe der Zelle sich befanden.

Die Flimmerhaare bilden 0,014 Mm. lange, abgeplattete Haare, welche in den ausgebildeten Larven die früher beschriebene Querstreifung darbieten. Es sitzen deren gewöhnlich auf jeder Zelle 6—8.

1) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. XV. Bd., S. 100.

Der Inhalt der Zellen ist blasskörnig, und obgleich später sich verdunkelnd, so bleibt er bis zur Ausschlüpfung der Larve aus dem Eie in einem für die Untersuchung viel günstigeren Zustande, als es z. B. bei *Aplysia* der Fall ist.

Beim aufmerksamen Beobachten der grösseren, peripherischen Zellen bemerkt man, dass der Zellinhalt nicht gleichmässig beschaffen ist; vielmehr, besonders in gedämpftem Lichte und bei schwach schiefer Beleuchtung, überzeugt man sich bald, dass derselbe in eine Anzahl der Längsaxe der Zelle paralleler Streifen differenzirt ist.

Die verhältnissmässig nicht geringe Grösse der Zelle erleichtert den Nachweis dieser Streifen als selbständiger Stränge und nicht als Falten der Zellenmembran, deren äussere Seite immer eine glatte Oberfläche darbietet.

Diese Stränge nehmen den grössten Theil des Raumes der Zelle ein; sie liegen dicht beisammen, durch zwar sehr geringe, aber deutlich zu unterscheidende Zwischenräume von einander getrennt, welche wahrscheinlich durch eine dünne Flüssigkeit eingenommen werden. Je nach der Grösse der Zellen verschieden, erreicht die Zahl der in einer horizontalen Fläche neben einander liegenden Stränge 10—12; solcher horizontaler Schichten hat jede Zelle 4—5, so dass die Gesamtzahl der Stränge einer Zelle 40—60 beträgt.

Parallel mit einander verlaufend, gehen diese Stränge von der die Zelle zuschliessenden Kappe zu dem Kerne, da angelangt, gehen die peripherisch gelegenen zwischen dem Kerne und der Wand der Zelle durch bis zum Boden derselben, wobei die den centralen näher stehenden Stränge

eine divergirende Stellung einnehmen; die ganz centralen endlich verlaufen ganz gerade bis zu der oberen Oberfläche des Kernes, auf welcher dieselben sich zu inseriren scheinen; ein Theil der hinter den Kern vorgedrungenen Stränge endigen schlingenförmig hinter demselben.

Ihrer Beschaffenheit nach bilden diese Stränge blasse, rundliche Fasern mit einer unregelmässigen Oberfläche und gleichen sehr den Muskelfasern einiger zartgebauten wirbellosen Seethiere, wie z. B. der Ctenophoren, Pteropoden, Siphonophoren u. s. w.

Dass wir es hier mit wirklichen contractilen Elementen zu thun haben, ist aus folgenden Beobachtungen anzunehmen.

Wenn man bei abgenommener Thätigkeit die einzelnen Zellen, und namentlich die Kerne, aufmerksam betrachtet, so wird man bald gewahr, dass in den meisten der in Thätigkeit begriffenen Zellen die Kerne in unregelmässiger Weise in der Zelle hin- und hergeschoben werden, wobei sie nur kleine, das Viertel des Längsdiameters der Zelle nicht übersteigende Strecken durchlaufen. Diese Bewegungen sind nicht gleichmässig, vielmehr werden die Kerne wie auf elastischen Bändern nach oben gezogen, um, wenn der Zug nachlässt, ihren alten Platz wieder einzunehmen. Bei der angeführten Vertheilungsweise der contractilen Fasern ist eine solche Ungleichmässigkeit der Bewegung ganz natürlich.

Die Bewegungen der Kerne stehen in enger Beziehung zu den Bewegungen der Flimmerhaare. Bei absoluter Ruhe dieser letzteren werden gewöhnlich auch keine Bewegungen der Kerne wahrgenommen; beim Eintritte der Flimmerhaare

in den Zustand der Thätigkeit, treten in der Regel auch die Bewegungen der Kerne ein. Diese gegenseitige Abhängigkeit derselben tritt am klarsten hervor, wenn man Zellen beobachtet, welche aus dem Zustande der Ruhe eben in Thätigkeit übergangen. Dieser Uebergang ist niemals ein gleichzeitiger für sämtliche Zellen, daher sieht man auch die Bewegungen der Kerne in einer oder wenigen Zellen, während zur selben Zeit die Nachbarzellen noch in Ruhe verharren. In dieser Weise ist die merkwürdige Erscheinung viel leichter zu controliren.

Dass diese Bewegungen nicht auf Verschiebungen der Zellen selbst, verursacht durch den Zug der schwingenden Flimmerhaare, zurückzuführen seien, ist schon daraus ersichtlich, dass die Zellen fest zusammengekittet sind; daher können solche Schwingungen nur bei der Loslösung der Zellen von ihrer Unterlage als bedingende Ursache auftreten. Da Veränderungen der äusseren Begrenzungslinie nicht sichtbar werden und die ausgeführten Bewegungen in der Abänderung der relativen Stellung des Kernes in der Zelle ihren Ausdruck finden, so können dieselben natürlich nur auf Contractionen der Zellstränge, auf welchen der Kern theilweise wie auf einem Polster ruht, bezogen werden.

Da, wie ich früher zeigte, die Flimmerhaare dieser Larven breit abgeplattete Bänder darstellen, welche aus der Verschmelzung mehrerer Fibrillen entstanden sind, so erscheint es mehr als wahrscheinlich, dass dieselben in unmittelbarer Beziehung zu den contractilen Strängen der Zelle stehen. Ein directer Beweis lässt sich aber nicht vorführen, denn wenngleich die Verschlussklappe der Zelle,

welche den Zellinhalt von den Flimmerhaaren trennt, auch streifig erscheint, so lässt sich bei der sehr starken Lichtbrechung der Verschlussmasse nicht entscheiden, ob die Streifen der optische Ausdruck von Poren oder von Fasern seien, und ob sie als unmittelbare Fortsetzungen der Zellstränge erscheinen.

Obgleich die Zellstränge durch die Einwirkung einer 1% Auflösung von Chromsäure, besonders aber von chromsaurem Kali, sehr an Bestimmtheit der Contourirung gewannen (eine allen Muskelgeweben zukommende Eigenschaft), dabei aber natürlich auch an Consistenz, so führten Isolationsversuche dennoch zu keinen Resultaten. Gehörten diese Stränge zu den höheren Klassen der contractilen Elemente, so wäre ein solcher Continuitätsbeweis vielleicht noch auf dem Wege der Polarisationserscheinungen zu liefern; da aber, wie bekannt, die am höchsten ausgebildeten muskulösen Elemente der Gasteropoden auch im ausgebildeten Thiere nur spärliche Spuren von doppeltbrechenden Disdiaklasten zeigen, so wäre natürlich von vornherein gar nicht zu erwarten, dass ein solches Verhalten in noch viel niedriger stehenden contractilen Elementen der Larve sich vorfände, was auch nicht der Fall ist.

Ob einige dieser contractilen Zellstränge in die unmittelbar unter dem Epithelium liegende Muskelschicht übergehen, liess sich nicht entscheiden.

Bei den Ctenophoren entsendet der Muskelschlauch starke Züge von Muskelbündeln direct zu den Epithelien der Wassergefässe, dem Augenscheine nach in dieselben eintretend; bei der ungemeinen Zartheit dieser Thiere aber liess sich die Frage nicht sicher genug entscheiden und

bleibt daher der Uebergang von Muskelfasern in Flimmerzellen, bis etwa ein directer Beweis dafür geliefert wäre, nur eine Vermuthung, welche allerdings Vieles für sich hat.

Ueber das Vorhandensein von Streifen im Innern der Flimmerzellen wurden in neuester Zeit zu den älteren Angaben von Valentin, Buhlmann und Friedreich noch andere hinzugefügt.

So beschrieb Eberth ¹⁾ im Flimmerepithel aus dem Darne der Flussmuschel eine streifige Structur des Zellinhaltes. Mit Recht weist er darauf hin, dass diese Streifung von der Beschaffenheit des Zellinhalts abhängt und kommt, bei oberflächlicher Einstellung, gar nicht zum Vorschein. Diese Streifen werden als 7 bis 9 in einer Ebene, in mehreren 4—5-fachen, unterbrochenen Schichten, je nach dem Durchmesser der Zellen lagernd, angegeben.

Dass eine Streifung in diesen Zellen vorkommt, war mir im Allgemeinen bereits früher schon bekannt. Bei einer späteren genaueren Untersuchung gelang es mir befriedigendere Bilder zu gewinnen, welche zur Bestätigung der Eberth'schen Angaben, was die Streifung selbst anbetrifft, dienen können; die Zahl der Streifen aber scheint zu hoch angegeben zu sein; ich fand nie mehr als 4—6 in 2—3 Schichten übereinander lagernd.

Mit Immersionslinse 10 und Ocular 3 von Hartnack, sah Eberth diese Streifen häufig durch die Basalräume hindurchtreten und sich in die Flimmerhaare unmittelbar fortsetzen. Eine solche Fortsetzung erscheint, besonders

1) Zur Kenntniss des feineren Baues der Flimmerepithelien. Virchow's Archiv XXXV. Bd. S. 478.

nach dem was oben über die Velumzellen der Molluskenlarven gesagt wurde, mehr als wahrscheinlich, dass man aber berechtigt wäre zu sagen, dass ein solcher Uebergang wirklich zu sehen sei, möchte ich bezweifeln.

Mit den besten Linsen wie Nr. 10 von Hartnack, F. von C. Zeiss, eine vorzügliche starke Oelimmersionslinse von G. B. Amici, konnte man in den Flimmerhaaren keine so ausgeprägte fibrilläre Structur nachweisen, wie es bei den Mollusken, schon mit mittleren Linsen, leicht möglich ist, höchstens erscheinen die hier sehr feinen Haare leicht körnig. Die Streifen selbst scheinen auch nicht dermaassen abgesonderte Stränge zu bilden wie jene; Bewegungen der Kerne wurden nicht bemerkt, ebenso dass sie in irgend einem innigeren Verhältniss zu den Streifen stünden; die Verschlusskappe erscheint wohl ungleichartig ohne aber eine, auf Poren oder Stränge herabzuführende, Beschaffenheit zu zeigen. Alle diese Umstände weisen darauf hin, dass, bei den Darmzellen der Flussmuschel, der unmittelbare Uebergang von, aus der Differenzirung des Zellinhaltes hervorgegangener, Fasern in die Flimmerhaare als wahrscheinlich, aber keineswegs als bewiesen zu betrachten sei.

P. Marchi ¹⁾ nahm diese Untersuchungen an Molluskenzellen aus den verschiedensten Körpergegenden wieder auf. Die Resultate fielen durchaus bestätigend aus.

Ueber die Physiologie der Flimmerbewegung wurden von mir in den Jahren 1865—67 verschiedene Versuchsreihen ausgeführt, welche auch jetzt fortgesetzt, noch nicht

1) Beobachtungen über Wimperepithel. Archiv für mikr. Anatomie. II. Bd. S. 467—473. Taf. XXIII.

aber in ihrem ganzen Umfange geschlossen sind. Ich will hier einiger Verhältnisse gedenken, über welche ich zu sicheren Resultaten gelangt bin.

Es ist einleuchtend, dass, um die physiologischen Leistungen eines Gewebes mit Hülfe des Mikroskopes studiren zu können, man zu den Präparaten eine Zusatzflüssigkeit wählen muss, welche in ihrer Zusammensetzung der Flüssigkeit, welche das Gewebe im normalen Zustande umspült, so nahe als möglich steht. In dieser Hinsicht muss bei Untersuchung der Flimmerbewegung vor allen anderen indifferenten Flüssigkeiten, welche in grösseren Mengen zu beschaffen sind, dem Jodserum der Vorzug gegeben werden. Die sonst noch gebräuchlichen schwachen Salz-, besser noch Zuckerlösungen, bei aller ihrer chemischen Indifferentheit, besitzen eine weit grössere Verdünnung als der flüssige Inhalt der Flimmerzellen, und bei der Grösse des Diffusionsäquivalentes des Salzes werden die Zellen in bedeutendem Maasse durch die Salzlösungen imbibirt, was bei Versuchsreihen, welche gerade in der Sphäre der Imbibitionserscheinungen und der mit denselben eng verknüpften chemischen Wirkungen sich bewegen, keineswegs als ein normaler Zustand zu betrachten ist. Die Dichtigkeit des Jodserum aber scheint mit der des Zellenplasma's im Diffusionsgleichgewichte zu stehen, wenigstens sieht man nach stundenlanger Einwirkung des Jodserum auf eine Flimmermembran nicht nur die Flimmerung fortbestehen, sondern bemerkt man auch keine der Quellungerscheinungen, welche an solchen Membranen schon nach kurzer Einwirkung von Wasser mit Klarheit hervortreten.

Zu meinen Versuchen habe ich die Rachenschleimhaut

des Frosches und die Zellen aus den Kiemen der Teichmuschel gebraucht.

Am Anfange meiner Versuche über die Einwirkung der Electricität auf die Flimmerbewegung erhielt ich die sehr elegante Arbeit des Herrn Dr. Kistiakowsky¹⁾ über denselben Gegenstand. Ich kann das Resultat derselben, darin bestehend, dass constante Ströme sowie Inductionsschläge erregend auf die Flimmerbewegung wirken, und dass die früher bemerkte Sistirung der Bewegung beim Nichtgebrauche unpolarisirbarer Electroden auf einer einfachen Zerstörung der Zellen auf electrolytischem Wege beruht, in vollkommenem Maasse bestätigen. Ich will nur bemerken, dass man dieselben Wirkungen mit weit schwächeren Strömen, als die von Kistiakowsky gebrauchten, dadurch erzielen kann, dass man den capillaren Raum, welcher durch die zwischen dem Deckgläschen und dem Objectträger liegende Wasserfläche dargestellt wird, auf das nothwendige Minimum reducirt, und dadurch den von demselben der Bewegung des Stromes geleisteten Widerstand abschwächt. In dieser Weise kann man mit einem schwachen Daniell schon überaus deutliche Beschleunigungen erwirken.

Ich gebe die von mir gewonnenen Zahlen über die absolute Geschwindigkeit der Flimmerbewegung, sowie über deren Zunahme unter dem Einflusse des Stromes und Abnahme bei Ermüdung nicht, weil dieselben im Wesentlichen mit den von Kistiakowsky gegebenen vollständig über-

1) Ueber die Wirkung des constanten und Inductionsstromes auf die Flimmerbewegung. Sitzungsberichte d. Wiener Akademie. Bd. 51. 1865. p. 263.

einstimmen. Ausserdem sind bei diesen Versuchen so viel Nebenumstände vorhanden, welche zu berücksichtigen man ausser Stande ist und welche natürlich ebensoviele Fehlerquellen darbieten, dass solchen Angaben kein grosser Werth zuzuschreiben ist.

Valentin nahm im Allgemeinen an, dass jedes Haar bei normaler Flimmerbewegung 2—3, seltener wie es scheint, mehr vollendete Bewegungen in der Secunde vollführen dürfte. Diese Angaben scheinen dem Sachverhalte vollständig zu entsprechen.

Eine vereinfachte Form der von Kistiakowsky gebrauchten unpolarisirbaren Electroden, welche auch für sonstige electriche Reizversuche mit Vorthail gebraucht werden können, findet sich auf der Tafel abgebildet.

Wenn wir hier die Frage über den Weg, auf welchem die Flimmerhaare zu ihren Bewegungen gereizt werden, auch übergehen wollen, so ist es klar, dass die unmittelbare Möglichkeit der Entstehung dieser Bewegungen durch die chemische Constitution des Zellinhaltes bedingt sei.

Aber in diesem Falle, wie in vielen anderen, giebt uns die physiologische Chemie gar wenig Aufschluss auf die uns beschäftigende Frage. — Die unmittelbare Zusammensetzung der Flimmerzellen ist uns unbekannt, um aber die Wirkung chemischer Mittel auf dieselben uns zu versinnlichen, können wir uns einer mehr oder minder plausibeln Annahme bedienen.

In dieser Hinsicht glaube ich, dass das Natronalbuminat wohl mit grosser Wahrscheinlichkeit als Hauptbe-

standtheil, wenigstens flüssiger, der Flimmerzelle angenommen werden kann.

Und wirklich, wenn wir die bekannten Wirkungen der Säuren und Alkalien auf das Natronalbuminat mit denen, welche durch diese Körper auf die Flimmerzellen ausgeübt werden, vergleichen, so sehen wir, dass sie in beiden Fällen wesentlich verschieden sind.

Durch Säuren, wie es seit den Untersuchungen Purkyně's und Valentin's bekannt ist, wird die Flimmerbewegung sistirt. Es ist auch gar nicht zu verwundern, denn das Albuminat erfährt durch ihre Einwirkung eine tiefgreifende Umgestaltung. Das Albuminat wird nämlich durch Säuren einfach gespalten in Albumin und ein x-saures Natron. Wenn diese Spaltung im grössten Theile der Flimmerzelle vor sich gegangen ist, so wird dadurch auch die Bewegung der Haare derselben sistirt; die Einwirkung der Säuren ist also in allen Fällen eine vernichtende.

Der Concentrationsgrad der überhaupt wirksamen Lösungen ist für sämtliche Säuren in der Regel ein sehr niedriger. Der zeitliche Verlauf der Einwirkung ist für die verschiedenen Säuren ein sehr mannigfaltiger.

Die Wirkung der Essigsäure ist eine ziemlich intensive: durch 10 % Acid. acet. glaciale wird die Flimmerbewegung schon in 1—2 Minuten vollständig sistirt; durch 1 % Salpetersäure in 2—3 Minuten; durch 1 % Phosphorsäure in 3—4 Min.; durch 0,5—1 % Oxalsäure in 3—5 Minuten und derartig auch durch andere Säuren.

Wenn die Membran noch länger der Einwirkung dieser Säuren ausgesetzt bleibt, so wird sie natürlicherweise durch dieselben aufgelöst; wenn aber beim Gebrauche von Flüs-

sigkeiten aus den niedrigen Stufen der wirksamen Concentrationsgrade deren Einwirkung nur bis zum Eintritte einer vollständigen Sistirung der Flimmerbewegung fortgesetzt wird, kann die Lebensenergie der Zellen noch wiederher-
 vorgerufen werden, wenn durch geeignete Mittel die Spaltungsproducte des Albuminats, das Albumin und das x—saure Natron, sich wieder vereinigend, das ursprüngliche Albuminat in seiner ursprünglichen Integrität wieder herstellen. Eine solche Eigenschaft besitzen die Alkalien.

Bekanntlich war es Virchow¹⁾, der auf die wiederbelebende Wirkung der Alkalilösungen auf die Flimmerbewegung aufmerksam machte. Die Erscheinung ist in der deutlichsten Weise wahrzunehmen und fand daher vielfache Bestätigung.

Eine directe Erklärung dieser Thatsache ist kaum zu geben, sie ist aber wohl auf der Ueberführung in das ursprüngliche Albuminat der in der Zelle accumulirten, durch die Thätigkeit der Zelle entstandenen Zersetzungsproducte des flüssigen Albuminats basirt; andrerseits aber kann die durch das Alkali bedingte Auflösung der festen Albuminate der Zelle wohl eine momentane Vergrößerung der Zellthätigkeit nach sich ziehen, aber nur eine momentane, denn natürlich, wir mögen zu den Versuchen so schwach wirkende Flüssigkeiten auswählen, als wir wollen, die dadurch ausgeübten Wirkungen, um von uns wahrgenommen werden zu können, werden immer noch eine unendlich stärkere Wirkung auf die Oekonomie der Zelle ausüben, als es bei einem Reizmittel der Fall wäre, welches nur eine erhöhende

Wirkung auf die Thätigkeit der Zelle besässe, ohne auf deren Zusammensetzung vernichtend einzuwirken, wie es sonst beim electrischen Strome der Fall ist.

Um deutliche Beschleunigung der Flimmerung durch Alkalien bei möglicher Schonung der Integrität der Membranen zu erwirken, braucht man sich Lösungen von nur geringem Concentrationsgrade zu bedienen. Kalilösungen von 1 %, auch bis 0,5 %, Natronlösungen von 0,5 % Zusammensetzung geben schon überaus deutliche Resultate; die letzten üben sowohl auf die Flimmerbewegung als auf die Membranen selbst einen viel intensiveren Einfluss als die Kalilösungen.

Die Einwirkung der Alkalien ist auch eine sehr rasche; ausser dem rein chemischen Grunde hat diese Erscheinung auch einen rein physikalischen. Bekanntlich besitzen die Alkalien ein sehr hohes endosmotisches Aequivalent, was zur natürlichen Folge hat, dass dieselben viel schneller in die Flimmerzelle hinein diffundiren und dadurch auch rascher mit den Atomcomplexen des Inhalts derselben in unmittelbare Beziehung treten können. Der zeitliche Verlauf der Alkalieinwirkung beträgt daher für die angegebenen Concentrationsgrade einen Zeitraum von $\frac{1}{2}$ —1 Minute. Die Einwirkung auf freischwimmende oder zusammenhängende, von der Unterlage aber losgelöste Zellen ist eine viel heftigere, was seinen Grund darin hat, dass die der Diffusion ausgesetzte Oberfläche der Zelle viel bedeutender erscheint, als es in den normalen Zellen der Fall ist; ausserdem gestattet die dicke, sehr wenig poröse flimmertragende Kappe, welche die freiliegende Seite der Zelle verschliesst, dem endosmotischen Strome einen nur allmäligen, langsamen

1) Archiv für patholog. Anatomie. Bd. VI p. 133 (1853).

Durchgang, während die übrigen Theile der Zelloberfläche, welche, im normalen Zustande an andere Zellen anstossend, nicht freiliegen und eine ungemein zarte Membran besitzen, dem Diffusionsstrome keinen Widerstand leisten können und selbst sehr bald durch das Alkali gelöst werden.

Ich will beiläufig noch bemerken, dass die von mir gebrauchten Lösungen, sowohl von Alkalien als von Säuren, durch Titriren aus und durch normale Säuren in ihrer Concentration bestimmt wurden. Was das Präparat selbst anbetrifft, so muss man sich einer Schleimhautfalte bedienen, deren Fläche gegen den Strom der zufließenden Zusatzflüssigkeit gerichtet werden soll; dabei muss man dafür sorgen, dass die Oberfläche der Schleimhaut von dem von derselben secernirten Schleime befreit werde; denn er bildet sehr oft, besonders nach Einwirkung der Säuren, eine für die Zusatzflüssigkeiten undurchdringliche Membran, welche in dieser Weise deren Wirkung auf die Zellen entweder gänzlich aufhebt oder jedenfalls bedeutend abschwächt.

Wenn wir eine normale Schleimhaut der Wirkung einer der oben bezeichneten Säuren aussetzen, so lange als es gerade nöthig ist, um die Bewegung der Flimmerhaare vollständig zu sistiren, dann die Membran durch reichlich zugesetzte Mengen von Wasser oder einer indifferenten Flüssigkeit, z. B. Jodserum, auswaschen und dann 0,5—1 % Alkali zusetzen, so tritt nach 1—2 Minuten die erloschene Thätigkeit der Flimmerhaare wieder ein; wenn wir die wieder thätig gewordene Membran in Alkali liegen lassen, so löst sie sich natürlich in demselben auf; wenn aber, als eben die Thätigkeit der Zelle durch das Alkali wieder hergestellt wurde, die Membran durch eine indifferente

Flüssigkeit ausgewaschen und darin liegen gelassen wurde, so persistirt die einmal wiedergewonnene Bewegung und die Zelle erhält sich lebendig ebenso lange, als es in derselben Zusatzflüssigkeit auch andere Flimmerzellen thun, welche diesen Manipulationen nicht ausgesetzt waren.

Als Beispiele mögen folgende Versuche dienen, welche aus einer grösseren Anzahl von gleichartigen als Norm herausgewählt wurden. Sie beziehen sich alle auf zwei Versuchsreihen, welche im Winter und Frühjahr 1865/66 und im Winter 1866/67 an Rachenschleimhäuten des Frosches ausgeführt wurden.

Ich konnte dabei keine Verschiedenheiten für die Winter- und Frühlingszeit zur Wahrnehmung bringen.

I. Essigsäure (Acid. acet. glaciale) 5 p. M.; frisches Präparat, in 2—3 Minuten die Bewegung sistirt; Auswaschung mit Wasser $\frac{1}{2}$ —1 Minute dauernd; durch 1 % Kali in 1—2 Min. die Bewegung wiederbelebt. Auswaschung mit Wasser; Zusatz von Jodserum. Die Bewegung persistirt.

Durch 1 % Säure die Bewegung in 1—2 Min. sistirt; tüchtig ausgewaschen, nach 4—5 Min. Kalieinwirkung Wiederbelebung; nochmalige Auswaschung, Zusatz von Jodserum. Bewegung stundenlang persistirend.

II. Phosphorsäure (fünf-basische) 1 % — in 4 Min. wird der Zellinhalt stark corrodirt; durch Behandlung mit Kali, nach der Auswaschung und Zusatz von Jodserum persistirend.

III. Salzsäure. 5 p. M. — in 1—2 Min. Sistirung der Bewegung; 1 Min. ausgewaschen; nach 1 Min. Wirkung der 1 % Kalilösung Wiederkehr und Persistirung der Bewegung in Jodserum.

IV. Oxalsäure. — 0,5 %. Sistirung in 2—3 Minuten. Wiederkehr nach 1 Min. Wirkung des 1 % Kali. Persistirung in Jodserum. Aehnlich verhält sich die Chromsäure.

V. Die Salpetersäure bietet in ihren Wirkungen sehr eigenthümliche Verhältnisse dar.

Eine sehr verdünnte Salpetersäure, 0,5—1 p. M. betragend, geht bekanntlich mit Albumin direct, ohne Ausbildung der Xanthoproteinsäure, in eine unlösliche Verbindung ein. Dieselbe kann durch die Einwirkung von Alkalien wieder aufgehoben werden und sehen wir daher, dass bei Flimmerzellen, deren Bewegungen durch die Einwirkung derartiger Lösungen aufgehoben wurden, dieselben durch Alkalien wieder hergestellt werden können.

Dagegen bei Anwendung etwas stärkerer Lösungen, durch welche die bekannte gelbe Xanthoproteinsäurereaction, bei welcher ein Wasserstoff des Albumins durch ein Atom Untersalpetersäure vertreten wird, hervorgerufen wird, bleibt die Sistirung permanent und kann durch keine Mittel aufgehoben werden. So z. B.:

Mit 1 p. M. in 2—4 Min. in der Regel Sistirung, in einigen Fällen aber kann die Bewegung auch mit blosser Auswaschung und Zusatz von 1 % Kali während 1—2 Minuten wieder hergestellt werden. Mit 0,5 p. M. ist es immer der Fall. Lösungen von 2 p. M. und darüber erzeugen immer eine lebhafte Xanthoproteinsäurereaction und die Bewegung kann dann nicht mehr wiederbelebt werden.

Natürlich als erstes Erforderniss zum Gelingen dieser lehrreichen Experimente muss die Behendigkeit der Ausführung derselben bezeichnet werden.

Beim Gebrauche grösserer Glasplatten als Objectträger und kleiner Mundpipetten und Fliesspapier zum Abheben der verschiedenen Flüssigkeiten kann bei einiger Uebung jede der Zusatzflüssigkeiten in einer halben Minute bequem gewechselt werden, und da bei den von mir gebrauchten schwachen Lösungen, sowohl bei Säuren als Alkalien, die Einwirkungszeit immerhin 2—4 Minuten betrug, so können diese nicht zu umgehenden Intermezzi von einer halben Minute jedesmal keineswegs als lange oder in einem oder dem anderen Sinne maassgebend bezeichnet werden.

Wenn auch einige theils unwahrnehmbare, theils wahrnehmbare Nebenumstände, wie z. B. die grössere und kleinere Reizbarkeit der Schleimhaut, das Befreitsein der Oberfläche derselben von Schleim, die Richtung des Flüssigkeitsstromes beim Umwechseln der Zusatzflüssigkeiten und manche andere, wohl einen merkbaren Einfluss auf die Zeitfolge der Einwirkungen ausüben, so sind doch die in einander folgenden Versuchsreihen erzielten Resultate, bei einiger Geschicklichkeit in der Handhabung des Versuches, in erfreulicher Weise übereinstimmend.

Es könnte die Meinung ausgesprochen werden, ob bei dem raschen Wechseln der Zusatzflüssigkeiten und bei der geringen Zeit, welche der Beobachtung übrig gelassen wurde, die wahrgenommenen Sistirungen und Belebungen der Flimmerhaare nicht von rein äusserlichen Ursachen, z. B. von den durch das Wechseln der Zusatzflüssigkeiten verursachten Strömungen u. a. m., abhängen und somit die oben ausgesprochene Ansicht, wonach diese Sistirungen und Wiederbelebungen von bestimmten tiefgreifenden Umgestaltungen

des Zellinhaltes, Spaltungen und Wiederherstellungen des Albuminats desselben abhingen, jeder thatsächlichen Begründung entbehrte. Dem ist aber nicht so.

Die Wirkung der Säuren ist sehr leicht wahrzunehmen und jedem Histiologen in ihrer äusseren Erscheinung wohl bekannt.

Ein Theil des Zellinhalts ist leicht löslich, so die dünnflockigen Niederschläge, welche im flüssigen Zellinhalte schwimmen; durch deren frühzeitige Auflösung klärt sich die Grundsubstanz der Zelle auf; die grösseren Atomcomplexe, durch deren Vereinigung die festeren Bestandtheile des Zellinhaltes, Körnchen und Körperchen, Kerne und Kernkörperchen, gebildet werden, widerstehen nicht nur längere Zeit der Auflösung, sondern erleiden zuerst eine Veränderung im entgegengesetzten Sinne, welche üblicherweise als Gerinnung bezeichnet wird. Durch die Gerinnung gewinnen alle diese festen Bestandtheile eine viel bestimmtere Contourirung und deren Brechungscoefficient an Höhe.

Durch diese einfachen Merkmale, welche von einem einigermaassen geübten Auge sofort entdeckt werden, kann das Eintreten und der Umfang der Säureeinwirkung sogleich wahrgenommen werden.

Die äussere Erscheinung der Alkalieinwirkung ist in einiger Beziehung eine entgegengesetzte. Die sofortige Auflösung eines Theiles des Inhaltes geschieht übrigens ebenso, wie bei den Säuren, der Inhalt wird aber nicht so aufgeklärt, wie es bei letzteren der Fall ist; der Grund davon ist darin zu suchen, dass gleichzeitig mit dem Auflösen einiger Theile des Zellalbuminats die übriggebliebenen gewaltig aufquellen.

Die Quellung beruht bekanntlich auf dem Eindringen von Wassertheilchen in feste Körper, zwischen deren Atome sich lagernd sie mit denselben in ein dauerndes Verhältniss treten und gleichsam ein neues Molecularaggregat bilden. Als unmittelbare Folge der Quellung des Zellinhaltes erscheint eine Volumzunahme der Zelle, und obgleich mit der Quellung eines Theiles des Zellinhaltes die Auflösung eines anderen Theiles desselben parallel geht und der Abfluss der neugebildeten flüssigen Bestandtheile in leichter Weise durch die Poren der Verschlusskappe geschehen kann, so tritt dennoch ein Moment ein, wo die Wandungen der Zelle dem Drucke ihres mehr und mehr aufquellenden Inhaltes nicht mehr zu widerstehen vermögen und platzen.

Die Dicke und Festigkeit der Zellwandungen auf den verschiedenen Punkten des Umfanges der Zelle ist eine nichts weniger als gleichmässige, daher platzen die Zellen gewöhnlich nur auf einer einzelnen, wenig umfangreichen Stelle und aus dem entstandenen Risse quillt dann der Zellinhalt in grösseren, zusammenhängenden Massen heraus.

Da der ganze Quellungsprocess nicht auf einer capillaren Attraction der Wassertheilchen, sondern auf der moleculären Einlagerung derselben zwischen den Atomgruppen des Albuminats beruht, so wird die Masse des Zellinhalts ganz gleichmässig durch Wasser imbibirt, dadurch werden die besonderen Affinitäten, welche zwischen verschiedenen Atomcomplexen bis dahin bestanden, zerstört; der Zusammenhang sämmtlicher Theilchen wird gleichmässiger; wenn auch viele Centra verschwinden, in welchen die Zusammengehörigkeit der Atomgruppen im früheren Zellinhalte eine engere war (Körnchen, Kerne und andere feste Theilchen)

und das Gefüge der Gesamtmasse sich dem flüssigen Zustande mehr nähert, so ist das Molecularaggregat im Ganzen genommen gleichartiger geworden. Die beiden letzteren Eigenschaften bilden die Ursache davon, dass bei fortgesetzter Imbibition der Inhalt der Zelle in klaren, gleichförmigen Ballen heraustritt, den als Absterbungsproduct von Zellen wohlbekannten „Eiweisstropfen“. Bei Imbibition mit Wasser ist dasselbe zu beobachten; bei Alkalien treten diese Erscheinungen, augenscheinlich wegen des hohen Diffusionsäquivalentes, noch deutlicher hervor, aber im Grunde genommen fällt die Hauptwirkung auch hier dem Wasser zu, denn nach den gemachten Erfahrungen (Ludwig und Cloëtta) wird von quellenden Membranen mehr Wasser als Salz aufgenommen, ausserdem ist die Quellung um so bedeutender, je verdünnter die Lösung ist.

Es ist kein Grund dagegen vorhanden, um diese Sätze auf die Alkalilösungen auszudehnen, um so mehr, als die Erfahrungen mit den Flimmerzellen einer solchen Annahme entsprechen.

Die Lösung des Albuminats im Alkali schreitet ziemlich schnell, jedenfalls viel rascher als in den Säuren, fort, nichtsdestoweniger quillt der zurückbleibende, jedenfalls sehr decimirte Inhalt sehr bald so stark auf, dass der ihm durch die Zellwände vorgeschriebene Raum zu eng wird und dieselben durch den Innendruck mit grosser Kraftentwicklung zerrissen werden.

Wenn wir der bekannten Thatsache eingedenk bleiben, wie stark z. B. ein Leimstückchen in Wasser aufquellen kann (M. Traube¹⁾), so wird uns nicht Wunder nehmen,

1) Medicinisches Centralblatt für 1866, NNr. 7 und 8.

dass auch in diesem Falle ein obgleich so zartes Gewebe so gewaltige Mengen Wasser zwischen seine Atome aufnehmen kann.

Das Wesentliche der Sache ist es, dass wir hier mit rein quantitativen Verhältnissen zu thun haben.

Die wichtigste Vorbedingung dafür, dass die Flimmerzelle zur Thätigkeit gereizt werde, besteht darin, dass der grössere Theil des Inhalts derselben seine normale Zusammensetzung behält; bis dieses Maximum nicht überschritten wird, tritt noch keine vollständige Sistirung ein; wird es überschritten und damit die Bewegung der Flimmerhaare suspendirt, so kann noch dieselbe dadurch wiedergerufen werden, dass, wie oben bezeichnet, die frühere Zusammensetzung des Zellinhaltes durch Alkalien wiederhergestellt wird und dadurch auch der Hauptgrund der Sistirung der Bewegung wieder aufgehoben wird. Wir sind somit auf die einfache mechanische Thatsache hingewiesen, ohne genöthigt zu sein, zu willkürlichen vitalischen Voraussetzungen zu greifen, welche sonst auch nichts erklären.

Dass der Kern eine besondere Rolle bei den beschriebenen Processen spielte, habe ich nicht wahrgenommen; damit aber ist gar nicht gesagt, dass derselbe zu den Säuren und Alkalien sich mehr oder weniger empfindlich als der Zellinhalt zeigt; denn dadurch, dass er in der Mitte der Zelle liegt, ist gleichzeitig das Verhältniss bedingt, dass er in näheren Contact mit diesen Auflösungen nur dann tritt, wenn der grösste Theil des Zellinhaltes bereits der Wirkung derselben ausgesetzt war. Daher summiren sich beide Wirkungen und können nicht getrennt zur Beob-

achtung gebracht werden. Die ungleichmässig poröse Beschaffenheit des Zellinhalts ermöglicht auch nicht die Beobachtung des veränderten Zellinhaltes allein, denn bevor noch der grösste Theil des Zellinhaltes durch die Zusatzflüssigkeit durchdrungen ist, kommt auch der Zellkern mit derselben in Contact; letzterer Umstand deutet darauf hin, dass zwischen Kern und Inhalt in dieser Beziehung keine durchgreifenden Unterschiede bestehen.

In allen Versuchsreihen, aus denen einzelne Beispiele hier angeführt wurden, war ich darauf bedacht, als Zeitpunkt der vollkommenen Sistirung nur den Moment zu bezeichnen, in welchem, nach den für die Sache maassgebenden Kriterien, die auf die Zelle wirkenden schädlichen Einflüsse ihre Wirkungen schon so weit ausgedehnt hätten, dass die Zelle in ihrem gegenwärtigen Bestande keineswegs reizungsfähig war, und um es zu werden nicht nur der Entfernung des momentan wirkenden, hemmenden Einflusses, sondern auch der durch seine vorherige Einwirkung hervorgebrachten Veränderungen des Zellinhaltes bedurfte.

Der Eintritt eines solchen Zustandes wird bei der Einwirkung der Säuren sogar durch die unmittelbare Beobachtung der rein optischen Verhältnisse leicht nachweisbar, vor Allem aber dient dazu der kräftigste, dabei aber auch, so viel man weiss, sehr indifferente Erreger der Zellthätigkeit — der electriche Strom.

In dieser Beziehung glaube ich, dass solche Angaben, wie sie z. B. Roth in seiner mir neuerdings zugekommenen Arbeit ¹⁾ anführt, worin er z. B. über die Wirkung

1) Virchow's Archiv. Bd. XXXVII. S. 191.

des Urins und der Essigsäure sagt, dass durch dieselben vollkommener Stillstand und durch rasches Verdrängen derselben mittelst Jodserum wieder allgemeine und dauernde Flimmerung hervorgerufen werde, ohne weiter die Erscheinung zu analysiren — solche Angaben, glaube ich, können eher nur zur Verwirrung, als zur Aufklärung der auch sonst sehr wenig klaren Begriffe über die Sache führen, und das aus folgendem Grunde.

Es ist einleuchtend, dass bei der Einwirkung irgend einer Flüssigkeit auf eine organische Zelle ausser anderen, uns weniger bekannten Nebenwirkungen zwei Hauptwirkungen sich besonders geltend machen werden, eine rein mechanische und eine chemische. Im Falle der Flimmerbewegung ist die Erinnerung an die mechanischen Wirkungen der Zusatzflüssigkeiten um so mehr geboten, als bekanntlich die in der Wissenschaft schon längst bestehende Zurückführung der Ursache der Flimmerung selbst ausschliesslich auf mechanische Wirkungen der Diffusionsströme bis jetzt noch ihre Geltung bewahrt und bewahren wird, bis die Thatsache des Fortbestehens der Flimmerung in losgelösten Zellen ihre Erklärung auf einem anderen Wege findet. Wenn das auch geschehen würde, so bleibt doch immer bei der Flimmerbewegung den mechanischen Wirkungen der Diffusionsströme ein weites Feld offen; vorläufig aber ist kein Mittel vorhanden, die Grösse dieser Wirkungen zu messen.

Die Nichtscheidung dieser zwei wichtigen Factoren bedingt es, dass auch ganz richtige Versuchsergebnisse dennoch keine wissenschaftliche Verwendung finden können; ausserdem sind zahlreiche Fehler gar nicht zu vermeiden.

Bei der Einwirkung einer Flüssigkeit auf eine Flimmerzelle ist die erste sich manifestirende Wirkung die mechanische, ihr folgt, anfangs auch einige Zeit parallel, dann allein, die chemische.

Wenn wir nach dem Zusatze von einer Flüssigkeit einen Stillstand der Bewegung, und nach der Entfernung dieser Flüssigkeit und Ersetzung derselben durch eine normale Zusatzflüssigkeit eine Wiederkehr derselben beobachten, so sind wir keineswegs berechtigt, ohne weitere Zergliederung der Erscheinung auf eine specifisch schädliche, die Möglichkeit der Flimmerbewegung aufhebende Wirkung derselben auf die Zelle zu schliessen, wie es z. B. Roth für den Harn und die Essigsäure thut.

Die Säuren wirken specifisch schädlich auf die Flimmerbewegung durch die von denselben hervorgerufene Spaltung des Zellalbuminats, durch welche, bis zur Herstellung des ursprünglichen Zustandes, jede Möglichkeit des Zustandekommens der Flimmerbewegung abgeschnitten wird, davon überzeugt uns die Erfolglosigkeit der Anwendung des galvanischen Stromes.

Aber nicht jede Flüssigkeit, welche die Flimmerung sistirt, kann zu derselben Zeit als diese Bewegung specifisch aufhebend bezeichnet werden. Denn wenn die in der ersten Zeit der Einwirkung wirksamen Diffusionsströme auch unter Umständen das Zustandekommen der Flimmerbewegung mechanisch verhindern können, so folgt doch daraus nicht, dass die die Ströme erzeugende Flüssigkeit eine der Flimmerung specifisch schädliche sei. Wenn die Zusammenziehung der Muskeln eines Gliedes durch einen unbeweglichen Verband verhindert wird, so wird doch Niemand

behaupten, dass der Verband auf die Muskelcontraction specifisch schädlich wirke.

Durch die Nichtbeachtung dieser Verhältnisse kommt z. B. Roth zu folgendem Schlusse: „Mit verdünnter Essigsäure“ (allerdings ein sehr vager Ausdruck, keine Concentration und keine Zeit der Einwirkung angegeben) „konnte ich vollkommenen Stillstand und durch rasches Verdrängen derselben mittelst Jodserum wieder allgemeine und dauernde Flimmerung hervorrufen.“

Dieser Angabe gemäss müsste man zur Ueberzeugung kommen, dass die Essigsäure eine nur mechanische und keineswegs eine chemische Einwirkung auf den Zellinhalt ausübt, denn die nachherige Verdrängung derselben durch eine indifferente Flüssigkeit, das Jodserum, kann ausser der Aufhebung der weiteren Einwirkung der Essigsäure, höchstens nur noch zur Entfernung einiger flüssiger Producte dienen, keineswegs aber dazu, um die schon stattgehabten Wirkungen der Essigsäure auf den Zellinhalt aufzuheben. Die Sache verhält sich aber in der Wirklichkeit viel einfacher. Jeder starke Diffusionsstrom in's Innere der Flimmerzelle, auch der indifferentesten Flüssigkeit, so lange er noch andauert, hindert mechanisch das Zustandekommen der Flimmerbewegung; darauf ist in dieser Weise auch der hindernde Einfluss des Wassers in der ersten Zeit der Einwirkung, bis es noch nicht zu einer vollständigen Quellung des Zellinhaltes gekommen ist, basirt. Durch ungeschickte Manipulation kann der Grad der Sistirung noch bedeutend vergrössert werden. Wenn dazu noch sehr verdünnte, vom reinen Wasser nicht viel abstehende Lösungen gebraucht wurden (der Concentrationsgrad

wird von Roth nicht angegeben) und die Einwirkungszeit sehr abgekürzt, so kann natürlich nach Zusatz von Jodserum die Flimmerung ganz gut weiter bestehen, aus dem einfachen Grunde, dass die Essigsäure gar nicht eingewirkt hatte. Aber natürlich ist der Gewinn von solchen Versuchen ein sehr mässiger.

Ich will beiläufig noch bemerken, dass gerade für die Essigsäure der niederste Concentrationsgrad der wirksamen Lösung ein sehr geringer ist: 1 p. M. ist schon deutlich wirksam, aber wie es schon erwähnt wurde, kann die Bewegung fortbestehen auch nach der Zersetzung etwa eines Dritttheiles der Zelle, wenngleich auch nicht in der ursprünglichen Stärke, aber das Mehr oder Weniger, wo sie nicht gemessen werden können, sind bekanntlich subjectiven Anschauungen sehr unterworfen.

Die Einwirkungen der indifferenten Substanzen bieten instructive Beispiele rein mechanischer Wirkungen dar. Die Zusammensetzung des Zellinhalts wird durch dieselben gewissermassen gefährdet, aber nur in physikalischer Richtung. Eine Bildung neuer chemischer Verbindungen innerhalb des Zellinhaltes findet nicht statt, wohl aber in einigen Fällen die Entziehung eines Stoffes — des Wassers. Eine solche Wasserentziehung aus den Geweben, welche es durchtränkt, ist bekanntlich eine dem Glycerin, auch dem Zucker zukommende Eigenschaft.

Nach dem Zusatze concentrirter Zuckerlösungen erlischt die Flimmerung, sobald die Lösung nur einigermaassen in's Innere der Zelle hineindiffundirt ist, was gewöhnlich in 4—6—8 Minuten der Fall ist. Der Sistirung geht natürlich ein Zustand progressiver Verlangsamung der Bewegung

voran. Die früher benutzten Wiederbelebungs mittel, wie die Alkalien und der galvanische Strom, können in diesem Falle keine directe Anwendung finden.

Es ist wohl möglich, dass die Reizeinwirkung des Stromes hier auch nicht ausbleibt, aber dessen Folge, eine activirte Flimmerung, kann durch eingetretene mechanische Hindernisse nicht zur Geltung kommen.

Durch abwechselnde Versuche suchte ich die Frage über die relative Grösse der zwei hier wirksamen Factoren, der Austrocknung des Zellinhalts und der Dickflüssigkeit des Mediums zu entscheiden. Obgleich es von sich selbst einleuchtend ist, dass der ungewohnte Widerstand, welchen die Flimmerhaare bei ihren Bewegungen in der dickflüssigen Zuckerlösung antreffen, jedenfalls verlangsamt auf dieselben wirken muss, so schien mir doch, dass der Hauptantheil an dieser Verlangsamung der Austrocknung des Zellinhalts durch die Zuckerlösung zuzuschreiben sei.

Die Flimmerung frischer Zellen dauert in der dicken Zuckerlösung noch einige Zeit fort und fängt nur an, sich abzuschwächen parallel mit dem Vordringen des Zuckers in die Zelle; andererseits bei der Versetzung dieser Zellen in eine indifferente Flüssigkeit kehrt die Flimmerung nur dann wieder, wenn die Zelle das verlorene Wasser wieder zurückerhalten hat.

Bei Valentin ¹⁾ findet sich die Angabe, dass der Zucker in 100-facher Verdünnung schädlich wirke. Da es durch die neuesten Untersuchungen Ranke's ²⁾ positiv er-

1) Handwörterbuch der Physiologie. I. S. 512.

2) Archiv für Anatomie. 1864. S. 346.

wiesen ist, dass der Zucker sich dem Organismus gegenüber durchaus indifferent verhält, so muss die schädliche Wirkung dieser so schwachen Lösung einfach dem Wasser zugeschrieben werden.

Die Einwirkung der Alkalilösungen auf solche verzuckerte Zellen ist eine nur indirecte. Dieselben können eine directe Wirkung nur dann ausüben, wenn es sich darum handelt, den anormalen Inhalt der Zelle auf den normalen Stand zurückzuführen, wie es, wie wir gesehen haben, bei den Zellen der Fall war, welche vorher Säurewirkungen ausgesetzt waren.

Nach der Austrocknung der Zellen aber durch Zucker kann zur Wiederherstellung der Lebensthätigkeit derselben nur der ihnen gerade fehlende Stoff, das heisst das Wasser, gebraucht werden; daher kommt man auch am besten zum Ziele, wenn man dasselbe den Zellen direct zuführt.

In dieser Weise können Membranen zur Thätigkeit wiedergerufen werden, welche schon geraume Zeit in dickflüssigen Zuckerlösungen gelegen haben, bis 30 Minuten, nach meinen Erfahrungen.

Bei solchen Versuchen aber muss man sich immer an eine allmälige Gradation des Concentrationsgrades der Zusatzflüssigkeit bei der Ausführung des Versuches halten; denn sonst wird die Kraft der ein- und ausströmenden Diffusionsströme zu sehr gesteigert und damit natürlich auch die durch dieselben hervorgebrachten mechanischen Wirkungen. Daher, um nicht dazu zu kommen, sonst indifferenten Flüssigkeiten specifische Wirkungen zuzuschreiben, wird man immer wohl thun, auf die Membranen zuerst schwache Zuckerlösungen auf kurze Zeit einwirken zu las-

sen und erst dann dieselben in concentrirtere Lösungen einlegen. Bei in solcher Weise behandelten Membranen gelingt es in der Regel, die Flimmerung auch nach halbstündigem Liegen durch einfache Auswaschung mit Wasser wieder herzustellen; in Jodserum pflegen solche Membranen ihre Lebensthätigkeit in normaler Weise auf geraume Zeit fortzusetzen.

In einigen organischen Flüssigkeiten, wie im Jodserum, Humor aquens u. a., können die Flimmerzellen stundenlang thätig bleiben; warum dieselben es in dickflüssigen Zuckerlösungen nicht ebenso thun können, obgleich der Zucker nach allen neueren Erfahrungen (z. B. Ranke) immerhin als ein sehr indifferenter Stoff angesehen werden soll, bekanntlich schwache 1 — 2 % Lösungen es auch in vollem Maasse sind, kann in folgender Weise einfach erklärt werden.

Wenn eine Zelle, unter Bezugnahme aller Vorsichtsmaassregeln, mit einer Zuckerlösung imbibirt wird, so bleibt ihr festes Gerüst vorläufig intact und es wird nur die den Zellinhalt durchtränkende eiweisshaltige Flüssigkeit durch den Zucker ersetzt. Wie wir sahen wird dadurch die Lebensintegrität der Zelle keineswegs gefährdet, und nachdem die jetzt mit Zucker erfüllten Zwischenräume zwischen den festen Theilchen wieder mit einem, dem normalen ähnlichen Albuminate angefüllt worden, kann die Flimmerung fortbestehen, wie früher.

Die Ursache davon ist einfach die, dass der Zucker, als ein indifferenter Stoff, keine chemische Wirkung auf die von ihm während einiger Zeit umspülten Atomcomplexe ausgeübt hat. Dauert aber seine Einwirkung längere Zeit,

nach unseren Erfahrungen über 30 Minuten, so tritt eine, die Lebensintegrität der Zelle gefährdende mechanische Wirkung ein. Die grösseren, zusammenhängenden Atom-complexe, welche in jeder Weise zwischen ihren einzelnen Atomen Flüssigkeit enthalten, werden durch die Entziehung dieser Flüssigkeit durch den Zucker auseinander gesprengt, und, wie es scheint, kann eine Wiederherstellung des Wassergehaltes der Gesamtzelle diesen Atomcomplexen zugleich auch ihre frühere engere Zusammengehörigkeit nicht wiedergeben.

Es ist bis jetzt noch kein Grund vorhanden, um anzunehmen, dass in den thierischen Zellen das Wasser an die Moleküle derselben chemisch gebunden wäre, ähnlich, wie es mit dem Krystallwasser der Fall ist. Das steht aber fest, dass ausser dem in den Poren des Zellkörpers befindlichen noch andere Partien Wasser existiren, welche in einer sehr innigen Beziehung zu den zusammengesetzten Molekülen des Zellkörpers stehen, welcher Umstand einige Autoren (Wundt z. B.) wohl mit Recht zur Annahme eines neuen fest-flüssigen Aggregatzustandes für die organischen Körper geführt hat.

Durch die Entziehung jenes mechanisch-gebundenen Wassers wird das mechanische Gefüge des Zellkörpers auseinander gesprengt, die jetzt lose gewordenen Atome, obgleich vielleicht ihrer Wirkung nach aussen nicht beraubt, bieten nur vereinzelte Wirkungen dar, es fehlt die Gruppierung der einzelnen Atome und Moleküle zu zusammenhängenden Massencomplexen und die daraus unmittelbar hervorgehende Summirung der Einzelwirkungen, welche als wesentliche Bedingungen des Zelllebens anzusehen sind.

Als solche Mittelpunkte der Zellthätigkeit ist man gewöhnt die Zellkerne und Kernkörperchen (ausserdem die Nucleoluli nach Schrönn) anzusehen; es ist aber unzweifelhaft, dass die entsprechende Lebensthätigkeit noch secundäre Centra ihrer lebhaftesten Aeusserung besitzt, welche durch die schon visuell wahrnehmbaren dichteren Bestandtheile des Zellkörpers, als Körnchen, Bläschen, Granulationen u. s. w., dargestellt werden.

Die mechanische Zertheilung, gleichsam Zermalmung solcher Bestandtheile durch die Einwirkung der Zuckerlösungen ist auch unmittelbar wahrnehmbar. Natürlich muss man Zermalmung vom Blasswerden durch den Zucker unterscheiden können, was aber durch vorurtheilsfreie, scharfe Beobachtung, durch geeignete optische Hilfsmittel unterstützt, ohne übergrosse Schwierigkeiten erreichbar ist.

Der Einfluss der Temperatur auf die Flimmerbewegung ist im Allgemeinen ein beschleunigender. Purkyně und Valentin suchten nur die Grenzen zu bestimmen, in welchen die Bewegung überhaupt noch möglich ist. Natürlicherweise fielen dieselben für warm- und kaltblütige Thiere sehr verschieden aus. Während bei den ersteren als untere Grenze eine Temperatur von 6 ° C. und als obere eine von 81 ° C. sich erwies, konnten vor Kälte erfrorene Frösche und eingefrorene oder im Schnee aufbewahrte Muscheln das Phänomen ungestört bewahren; die obere Grenze fiel aber viel niedriger aus und wurde bereits bei 50 ° C. erreicht. Der eigentlich beschleunigende Einfluss der Temperatur auf die normale Bewegung wurde erst von Calliburcès ¹⁾ untersucht; er gewann aber keine absolute

1) Comptes rendus t. XLV. decembre 1857 et t. XLVII. octobre 1858.

Zahlen für den Grad der Beschleunigung bei verschiedenen Temperaturen.

Unsere Resultate fielen durchaus bestätigend aus; es zeigte sich, dass bei Temperaturerhöhungen von 0—40 oder 45° C., wo eine Gerinnung des Zellinhalts eintritt, eine, bei mittleren Graden besonders lebhafte, Beschleunigung eintritt.

Ueber den Einfluss der Gase wurden neuerdings von Kühne ¹⁾ Angaben gemacht. Kohlenoxydgas, selbst in sehr beträchtlicher Menge einem Luftstrom beigemengt, zeigt gar keinen Einfluss auf den Verlauf der Flimmerbewegung. Sauerstoff wirkt immer erregend; Kohlensäure sistirt die Bewegung, welche durch Sauerstoffwirkung wiederhergestellt werden kann.

Das contractile Protoplasma verhält sich in ähnlicher Weise zu den Gasen und den Temperaturerhöhungen. Man suchte auch darauf Identitätsbeweise zu gründen (Kühne), obgleich wir anerkennen müssen, dass die oben angeführten Eigenschaften, wenn auch dem Protoplasma zukommend, dennoch kein charakteristisches Merkmal für dasselbe darbieten. Die secretorische Zellthätigkeit z. B. wird durch eine Temperaturerhöhung wesentlich befördert, solange natürlich, bis dieselbe nicht über die Grenze steigt, nach welcher eine Gerinnung des Zellalbuminats und somit der Tod der Zelle eintreten muss, was ohngefähr bei 40° C. immer der Fall ist.

Ebenso ist der Sauerstoff ein nothwendiges Requisit der inneren Athmung aller Gewebe und kann daher seine

begünstigende Einwirkung auf die Thätigkeit der Flimmerzellen keineswegs, als Kriterium für die physiologische Zusammenghörigkeit derselben in die Classe der contractilen Gewebe, betrachtet werden.

Ausserdem giebt doch Kühne selbst an ¹⁾: „der Stillstand der Flimmerbewegung, scheint weniger auf einer Sauerstoffentziehung oder Austreibung zu beruhen, als auf der Wirkung der Kohlensäure als Säure.“

Diese Erklärung ist sehr annehmbar, ich will aber hier noch erwähnen, dass bei den Versuchen, welche ich mit sehr verdünnten Lösungen der Milchsäure als Ermüdungsproduct der Muskeln ausführte, die eingetretenen Verlangsamungen der Flimmerung streng genommen immer auf die Säurewirkung zurückzuführen waren, denn es fand bei deutlichen Einwirkungen nie eine eigentliche Ermüdung statt, welche nach einer Ruhezeit sich dann wieder von selbst ablöste, sondern es kam immer zu einer vollständigen Sistirung, welche durch Alkali in gewöhnlicher Weise gehoben werden konnte.

Da die Kohlensäure auch keine sehr schwache Säure ist, so können wir für dieselbe eine ähnliche Wirkungsweise wohl mit Recht annehmen.

Von der Thatsache ausgehend, dass die Reaction des frischen Muskels alkalisch und nur bei anhaltender Thätigkeit sauer ist (Du Bois Reymond), dass überall, wo Flimmerepithel vorkommt, die Reaction der umspülenden Säfte eine alkalische und umgekehrt, wo dieselben sauer sind (Magensaft, Uterusschleim, Harn) kein Flimmerepithel vor-

1) Archiv für micr. Anatomie. II. Bd. pag. 372—378.

1) a. a. O. S. 375.

handen ist, glaubt M. Roth ¹⁾ in der alkalischen Reaction ein wichtiges gemeinschaftliches Merkmal für sämtliche contractile Substanzen gefunden zu haben.

Wir wollen die Thatsache der Alkalicität durchaus nicht angreifen, die ist zu bekannt dafür. Aber bis nur ein einziges ²⁾ thierisches Gewebe bekannt werden wird, dessen Reaction im normalen Zustande nicht alkalisch oder neutral ist, wollen wir unsrerseits wenigstens uns ähnlicher Ausführungen enthalten.

Ueber die chemische Natur der contractilen Gewebe wurden bereits viele, darunter auch sehr werthvolle, Veröffentlichungen gemacht. Unserer Meinung nach aber ist bis jetzt noch keine einzige Eigenschaft aufgedeckt worden, welche nicht zugleich auch anderen Geweben zukäme und somit ein sicheres Kriterium für Vergleiche abgeben könnte.

Bis solches geschehen ist, glauben wir, dass bei der Bestimmung solcher Identitäten es am zweckentsprechendsten sein wird, zum Vergleichsmaassstabe vorläufig nur die Gleichartigkeit des Baues anzunehmen.

Jeder Kraftentwicklung entspricht eine mechanische Einrichtung, bei welcher dieselbe am besten zur Geltung gelangen kann; bei gleichartigen Leistungen müssen auch die dieselben ermöglichenden mechanischen Einrichtungen ähnlich sein. Die Funktion der contractilen Gewebe ist eine im Wesentlichen gleiche — gleich muss auch der Mechanismus sein.

Die zur Geltung kommenden Unterschiede sind weniger qualitativer als quantitativer Art.

Der gegenwärtige Stand der anatomischen Wissenschaft ermöglicht die genaue Feststellung eines allgemeinen Bauplanes für alle contractilen Gewebe noch nicht. Eine Zusammenstellung des schon vorhandenen Materials unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt liesse sich auch jetzt durchführen, kann aber aus leicht ersichtlichen Gründen in der vorliegenden Schrift ihren Platz nicht finden.

Was die Organe der Flimmerbewegung die Flimmerzellen selbst anbetrifft, so sahen wir, dass deren physiologische Verhältnisse grosse Aehnlichkeit mit denen der contractilen Gewebe (soweit natürlich dieselben bekannt geworden sind) darbieten und da ausserdem das eigentlich entscheidende bei der Frage — die Contractilität der constituirenden Elemente der Flimmerzellen, der Flimmerhaare und Zellstränge von uns direct nachgewiesen worden ist, sowie deren anatomische Aehnlichkeit mit den Muskeln hervorgehoben, so glauben wir uns berechtigt die Flimmerbewegung in die Sphäre der contractilen Bewegungen einreihen zu dürfen.



1) Ueber die Reaction der Gewebe mit protoplasmaartigen Bewegungserscheinungen. Virchow's Archiv. XXXVI. Bd. S. 145.

2) Die oben bezeichneten Secrete sind wohl sauer, dass aber dessen Secernirungszellen selbst sauer wären, darüber liegen keine Angaben vor.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Flimmerzellen aus dem Velum der Larven von Flabellina. $\frac{200}{1}$.

Fig. II. Unpolarisierbare Elektroden, zwei Drittel der natürlichen Grösse.

Auf die Mitte eines 10 Ct. langen und 4 Ct. breiten Objectträgers *a* ist ein 1—2 Ct. breiter Glasstreifen *c* mit Canadabalsam aufgeklebt; auf beiden Seiten desselben sind zwei amalgamirte Zinkplatten mit Klemmschrauben *b* durch Guttaperchabänder befestigt. Auf denselben ruhen mit Zinkvitriol durchtränkte Papierbäusche. Die Stücke der mit einer indifferenten Flüssigkeit getränkten thierischen Membran *d* dienen zur Leitung des Stromes in's Präparat, zu derselben Zeit aber schützen es dieselben vor der Einwirkung des Zinkvitriols. Die Verbindung mit der Batterie geschieht direct durch in die Klemmschrauben eingesetzte Drähte. Damit die Guttaperchabänder die Stabilität der Glasplatte nicht beeinträchtigen, sind unter derselben zwei Holzklötze aufgeklebt. Der Uebersichtlichkeit wegen sind auf der rechten Seite der Figur der Papierbausch nebst Membran nicht dargestellt.

Fig. I.

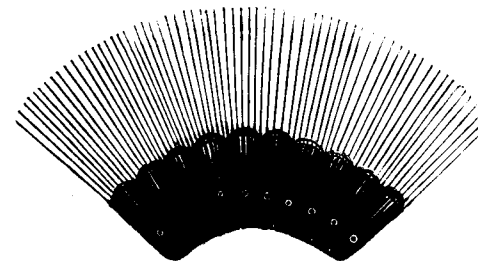
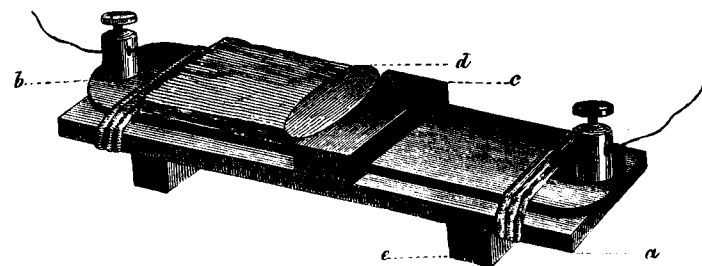


Fig. II.



T h e s e n.

1. Die Zoologie, in ihrem gegenwärtigen Zustande, kann nicht zu den exacten Wissenschaften gerechnet werden.
 2. Die Morphologie der Elementarorganismen muss auf mathematische Entwicklung der Abplattungsformen derselben und die daraus abzuleitende Bestimmung der Druckrichtungen in dem zusammengesetzten Organismus basirt werden.
 3. Eine wichtige Aufgabe der physiologischen Chemie besteht in der Ausbildung der optisch-analytischen Methoden.
 4. Die geringe Beachtung des Grundsatzes, dass der Gelehrte zuerst zum wissenschaftlich gebildeten Menschen und dann erst zum Spezialisten werden soll, übt den verderblichsten Einfluss auf die Entwicklung der Wissenschaft.
 5. Die wichtigste Errungenschaft der wissenschaftlichen Erkenntniss im XIX. Jahrhundert, die Theorie der Erhaltung der Kraft, muss auch zur Basis jeder weiteren Entwicklung der Biologie werden.
 6. Specifische Unterschiede der Gewebe je nach den Thierclassen sind nicht vorhanden.
 7. Alle contractilen Gewebe sind der Leistungsfähigkeit des betreffenden Organs entsprechende Entwicklungsstufen eines und desselben typischen Gewebes.
 8. Das Verschwinden des Keimbläschens kann nicht allgemein als erste nothwendige Folge der Befruchtung angesehen werden.
-